

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 63-134970

(43)Date of publication of application : 07.06.1988

(51)Int.Cl.

G01R 31/28

G06F 11/22

(21)Application number : 61-281538

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 26.11.1986

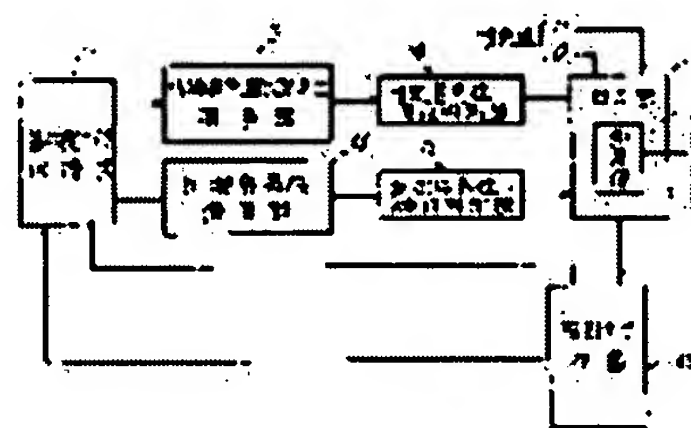
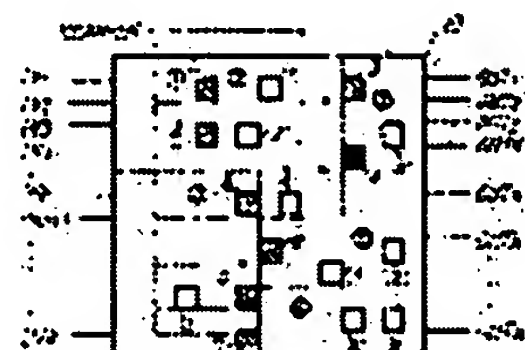
(72)Inventor : ISODA YUTAKA

(54) OPTIMIZATION SCAN TESTING SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To minimize the redundancy of the number of gates, and to execute an efficient test by inserting a write/read-out scanning circuit in accordance with the fault existence confirmation facility of a circuit, and the input facility of a confirming signal.

CONSTITUTION: Design data of an IC 10 consisting of a logic circuit group before inserting a scan latch is read from a fundamental data holding part 11, and the confirmation facility of existence of a fault in an input end and an output end of a circuit is calculated by a fault existence confirmation facility calculating part 12. Also, by a control facility calculating part 13, the setting facility of a signal to the input end for confirming a fault is calculated. Subsequently, their rank order is discriminated by rank order discriminating parts 14, 15, and in order from that which is inferior in confirmation facility, and that which is inferior in control facility, a write/read scanning circuit is inserted, and FFs 1W8 become scan FFs. In this state, a regular scan test and a non-scan test are executed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭63-134970

⑫ Int.Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和63年(1988)6月7日

G 01 R 31/28
G 06 F 11/22

3 6 0

G-6912-2G
P-7368-5B

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 最適化スキヤンテスト方式

⑮ 特 願 昭61-281538

⑯ 出 願 昭61(1986)11月28日

⑰ 発 明 者 磯 田 豊 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

⑱ 出 願 人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

⑲ 代 理 人 弁屋士 山谷 晴榮

明 細 書

1. 発明の名称 最適化スキヤンテスト方式

2. 特許請求の範囲

(1) 組合せ回路および順列回路等により構成される論理回路群をテストするテスト方式において、
回路の入力端と出力端の故障の有無を確認できる容易性を算出する故障有無確認容易性演算手段(12)と、

確認するために必要な信号を各回路の入力端に
入力できる制御容易性を算出する制御容易性演算
手段(13)と、

確認容易性の悪い配線のものよりその順位を付
加する確認容易性順位判別手段(14)と、

制御容易性の悪い配線のものよりその順位を付
加する制御容易性順位判別手段(15)を具備し、

論理回路群に対して確認容易性の悪いもの、制
御容易性の悪いものを指示するようにしたことを
特徴とする最適化スキヤンテスト方式。

(2) 制御容易性の悪い配線から順に書き込み専用あ
るいは書き込み・読出しスキヤン回路を挿入するよ
うにしたことを特徴とする特許請求の範囲第(1
)項記載の最適化スキヤンテスト方式。

(3) 確認容易性の悪い配線から順に読出し専用あ
るいは書き込み・読出しスキヤン回路を挿入するよ
うにしたことを特徴とする特許請求の範囲第(1
)項記載の最適化スキヤンテスト方式。

3. 発明の詳細な説明

(目次)

概要

産業上の利用分野

従来の技術(第4図)

発明が解決しようとする問題点

問題点を解決するための手段(第1図)

作用

実施例(第2図、第3図、第5図)

発明の効果

〔概要〕

半導体集積回路のテスト容易性評価方法によりデジタル回路の検証容易性と制御容易性とを定量的に計算し、その数値の大きい方から順次スキヤン回路を挿入するようにしたもの。

〔産業上の利用分野〕

本発明は最適化スキヤンテスト方式に係り、特にLSIのような半導体集積回路において、少ないスキヤン回路により有効的にテストを行うようにしたものに関する。

〔従来の技術〕

技術の進歩により半導体集積回路は高密度化されているが、それとともに半導体集積回路が正確に製造されているかをテストするテストも難しくなっている。特にLSIやVLSI化されたデジタル回路ではこの傾向が著しい。

このような集積回路は、データを保持するフリップ・フロップ（以下FFという）と、例えばナ

力端子OUT1…OUTnの特定の端子にどのようなパターンが得られるのかをあらかじめ求めておき、これにもとづきテストを行うものである。

これはスキヤンテストに比較してスキヤン機能用の特別な回路を組込む必要がないので、論理回路の冗長性がないという利点がある。しかし論理が複雑になるにつれて論理深度も深くなるため、深い部分にある順序回路つまりFFに一定の信号をセットするためには膨大な入力データを必要とし、そのためのテストデータの作成時間が膨大なものとなるのみならず、テストを行うための時間つまりテスト時間も長くなる。

図スキヤンテスト

スキヤンテストは、第4図（b）に示す如く、集積回路20'に存在するすべてのFFをスキヤン機能を付加したスキヤンFFとする。ここでスキヤン機能とは、例えば複数のFFが順序をもって並んでいたとしても特定のFFに直接「1」または「0」を記入できるようにしたものである。なお第4図（b）で斜線部分がスキヤンFFを示

特開昭63-134970(2)

す。FF・ゲートの如く、データを入力したら一定時間後に出力を産する論理ゲートが、複雑に組合せられて構成されている。従ってテストを行うために特定のFFに「1」、または「0」の特定のデータをセットしたときに出力されるパターンをチェックしたり、論理回路の特定の端子に特定のデータをセットしたとき出力されるパターンをチェックすることが必要になる。この場合、FFや各種論理ゲートが複雑に接続されているため、例えばあるFFに「1」をセットするためにその前段のFFやゲートをどのように制御すべきか等の処理が必要となる。

ところでこの集積回路のテストには非スキヤンテストとスキヤンテストの2通りがある。

〔発明が解決しようとする問題点〕

(1) 非スキヤンテスト

非スキヤンテストは、第4図（a）に示す如く、集積回路20の入力端子IN1…INnの特定の端子にあるパターンのデータを入力したときに出力

す。

この場合、スキヤンFFを疑似入力／出力部として使用可能であり、そのため第4図（b）に示す如く、論理を①～④に分割可能となったり、テストデータは少なく済みテスト時間も短くてよいという利点がある。しかし内部の順序回路のすべてのFFにスキヤン機能を一律に付加するためテストのためのゲート数が増加して冗長となり、通常動作のスピードがおそくなるという問題点がある。

本発明の目的は、このような非スキヤンテストおよびスキヤンテストの前記問題点を解決したテスト方式を提供することである。

〔問題点を解決するための手段〕

前記目的を達成するために、本発明では、第1図に示す如く、集積回路10にスキヤンFF1～8と、スキヤン機能の付加されない通常のFF1'～9'を設ける。この場合、集積回路10を設計するとき、すべてのFFをスキヤン機能の付加

特開昭63-134970(3)

されない通常のFFとして設計し、それからこのFFがテストを行うために必要なデータがセットしにくいか、あるいは読出しにくいかということを検討し、これらのやりにくいところから順次スキャン機能を加えたスキャンFFに変更してゆく。

(作用)

例えばスキャンFF 4に直接外部よりデータをセットすれば、通常のFF 4'を経由して出力端子OUT 4より出力が得られる(FF 4'からOUT 4までの段数が少ない場合)。領域④のスキャンFF 1、2は入力端子IN 1、IN 3からセットしたデータを読出すことが容易にできるものであり、領域④の通常のFF 1、2'は前記スキャンFF 1、2よりスキャンインしたデータをこのFF 1、2より読出すことが可能となる。また領域④ではFF 5'が入力ピンからスキャンFF 6までの間に存在しているものであり、領域④のデータはスキャンFF 5～8より読出すことがで

きる。そしてスキャンFF 5のデータは通常のFF 3'を経由して、例えばスキャンFF 4より読出すこともできる。領域④ではスキャンFF 8に人力したデータをFF 6'、7'を介して出力端子OUT n+1より読出すことができ、また領域④ではスキャンFF 6、7に人力したデータの状態に応じた出力がFF 8'、9'を経由して出力端子OUT kより読出すことができる。

なお、テストデータは領域①～④の単位で作られており、入力データに応じた出力があらかじめ決定されている。

このように、テスト上難度の大きいものに対してのみスキャンFFとするので、スキャンテストのための付加ゲート数を最小限度にとどめ、効率的なテストが可能となる。

(実施例)

(1)テスト説明

本発明を詳述するに先立ち、論理回路のテストの説明を行う。

例えば、第5図(a)に示す如く、入力端子A、Bと出力端子Xを有するナンド・ゲートが正しく動作するか否かをテストする場合、次のように考察する。

ナンド・ゲートの論理は、第5図(b)に示す通りであるので、もし入力端子Aが「0」節退の状態で故障していれば、入力端子Aに「1」を入れても「0」入力と同じ状態となる。従って第5図(c)に示す如く、入力端子Aに「1」を入力して入力端子Bを「0」、「1」にしたとき、出力端子Xに「1」、「1」が出力されれば入力端子Aが常時「0」にあるという故障状態が検出できる。このようなことを各端子に適用してどのような故障が存在しているかを判別する。

ところでこの場合、入力端子A及びBに「1」、「0」を逐次入力することが必要になり、また出力端子Xからデータを読出すことが必要となるが、その場合、その前段に接続されている他の回路との接続関係により入力端子A、Bに「1」、「0」を選択的に入力するために、例えば第4図

(b)に示す集積回路20'の入力端子IN 1、IN 2……IN kにどのような入力データを入力すべきかということを決めることが必要となり、また出力端子Xからのデータを読定するために出力端子OUT 1、OUT 2……OUT kのどれより得ることができるのかを決めることが必要となる。

このように、特定の回路における入力データの設定制御の容易性および出力データの観測の容易性は、通常集積回路20'の入力端子からデータを設定すべき回路の入力端における中間の状態、あるいは回路の出力端から集積回路20'の出力端子における中間の状態により算出することができる。

この算出方法のうち制御容易性は、入力端から注目する配線部にいたる節点の数により判定したり、又は注目する配線部に注目する信号が現れるまでに回路がどれだけの状態を経るかということを経験して行うものである。

また観測容易性は、組合わせの観測容易性は注

特開昭63-134970(4)

目する配線部の状態が観測点にいたるまでの節点の故により判定を行ったり、注目する配線部の状態が観測点にいたるまでに回路がどれだけの状態を揺るかということを経験して行うことができる。

なおこれらの算出方法は現在完成されている公知の手法（例えば日経エレクトロニクス 1983年8月20日号、第151頁～第162頁参照）である。

本発明は、このような公知の手法を使用して、集積回路に付加すべきスキャン機能を提供するだけ少なくするようにしたものである。

以下本発明の一実施例を第2図および第3図にもとづき説明する。

第2図は本発明の一実施例構成図であり、第3図は本発明により選択的に挿入されるスキャンラッチの例を示す。

第2図において、11は基本データ保持部であり、スキャンラッチの挿入される前の、例えばアンドゲートやナンドゲート、オアゲート等の組合せ回路やFF等の順序回路等で構成される論理回

路群からなる集積回路の設計データを保持するもの、12は故障有無確認容易性演算部（以下確認容易性演算部という）であって各回路の入力端あるいは出力端の故障の有無を確認できる容易性つまり確認容易性を解析してそれを定量的に算出するもの、13は制御容易性演算部であって各回路の入力端に所定の信号を入力できる容易性つまり制御容易性を定量的に算出するもの、14は確認容易性順位判別部であって故障有無確認容易性演算部12により算出された確認容易性をその悪い順序に順位づけて出力するもの、15は制御容易性順位判別部であって制御容易性演算部13より算出された制御容易性をその悪い順序に順位づけて出力するもの、16は出力部であって前記確認容易性及び制御容易性の悪い方からの順序をあらかじめ設定された数（P及びQ、 $P=Q$ の場合もある）だけ出力するとともに判定部17を具備し、この判定部17で前記各容易性を図示省略した表示部に出し例えば設計者がその容易性が希望する値以下になったことを観測させるものである。

判定部17にあらかじめ閾値を設定し、各容易性がそれぞれの予定した値以上のときにランプ等で表示させることもできる。18は設計データ作図保持部であって出力部16から出力された確認容易性の悪いラッチの部分（第3図（b）に示す如きラッチを挿入したり制御容易性の悪いラッチの部分に第3図（a）に示す如きラッチを挿入したり、両方の悪い部分には第3図（c）に示す如きラッチを挿入し、かつこの図面を保持し、出力するものである。

このように各ラッチを挿入したものを基本設計データ保持部11にフィードバックし、この挿入結果による各容易性を判断する。このようなことを各容易性があらかじめ予定した数値以下になるまで繰返し、予定値以下になったときに得られた図面を基本設計データ保持部11より得ることができる。

また、第3図により、本発明において使用するスキャンラッチの例について説明する。

第3図（a）は制御容易性のみが悪いところに

使用する書き込み専用スキャンラッチを示し、同（b）は確認容易性のみが悪いところに使用する読み出し専用スキャンラッチを示し、同（c）は制御容易性及び確認容易性が悪いところに使用する書き込み・読み出しスキャンラッチを示す。

第3図において $S_0 \sim S_n$ はスイッチであって、スイッチ S_0 は通常動作のときに入力されるデータをオンオフ制御するもの、スイッチ S_1 はスキャンデータを外からセットするときに入力されるデータをオンオフ制御するもの、スイッチ S_2 はスキャン動作における読み出しのときに読み出し端子へのデータをオンオフ制御するものである。

スイッチ S_0 、 S_1 、 S_2 は制御信号SMおよび \overline{SM} により制御され、またスイッチ S_1 、 S_2 、 S_3 は制御信号SCKおよび \overline{SCK} により制御される。制御信号SM、 \overline{SM} はインバータIN10、IN11により得られ、制御信号SCK、 \overline{SCK} はインバータIN12、IN13により得られる。

またIN0～IN3はインバータである。

特開昭63-134970(5)

次に第3図(a)～(c)について通常のデータ出力動作とスキヤン動作について説明する。

第3図(a)の書込み専用スキヤンラッチは、通常動作の場合、スイッチ S_0 をオンとし、 S_1 をオフ、 S_2 をオンとする。したがって、システムから入力される入力信号 D_{in} はインバータ $IN2$ で反転され、さらにインバータ $IN0$ で反転される結果、入力信号 D_{in} が出力信号 D_{out} として出力される。なお、このときスイッチ S_1 がオンのため、入力信号 D_{in} はインバータ $IN2$ 、 $IN3$ により反転され、しかも $IN2-1N3-S_1-1N2$ のルートで巡回するためラッチされたものとなる。

テスト時のスキヤンデータ S_{in} 書込みの場合、スイッチ S_0 をオフとし、 S_1 がオンのとき S_2 はオフ、 S_1 がオフのとき S_2 はオンとなる。従ってスキヤンデータ S_{in} を書込むとき、スイッチ S_1 がオンのとき S_2 はオフのためスキヤンデータ S_{in} はインバータ $IN2$ 、 $IN0$ を経由し

て出力される。そしてスイッチ S_1 をオフのとき S_2 をオンにするので、スキヤンデータ S_{in} は $1N2-1N3-S_2-1N2$ のルートで巡回するためラッチされたものとなる。

第3図(b)の読出し専用スキヤンラッチは、通常動作の場合、スイッチ S_0 をオンとし、 S_1 をオン、 S_2 をオフとする。これにより入力信号 D_{in} はインバータ $IN2$ 、 $IN0$ により反転され、入力信号 D_{in} が出力信号 D_{out} として出力される。なお、前記第3図(a)と同様に入力信号 D_{in} は $1N2-1N3-S_1-1N2$ のルートで巡回されるためラッチされたものとなる。テスト時のスキヤン読出しのとき、スイッチ S_0 をオフにし S_1 、 S_2 をオンにすれば前記回路でラッチされたデータがインバータ $IN1$ を経由して読出される。

第3図(c)の書込み・読出しスキヤンラッチは、通常動作の場合、スイッチ S_0 をオン、 S_1 、 S_2 をオフ、 S_3 、 S_4 をオンとする。これにより入力信号 D_{in} はインバータ $IN2$ 、 $IN0$

により、入力信号 D_{in} が出力信号 D_{out} として出力される。このときスイッチ S_1 、 S_2 がオンのため前記の場合と同様に入力信号 D_{in} は $1N2-1N3-S_1-S_2-1N2$ のルートで巡回されるため、ラッチされたものとなる。

テスト時のスキヤンデータ S_{in} を書込むとき、スイッチ S_0 オフ、 S_1 をオン、 S_2 をオフとし、 S_3 、 S_4 をオンにする。これによりスイッチ S_1 を経由して入力されたスキヤンデータ S_{in} は、 $1N2-1N3-S_1-S_2-1N2$ のルートで巡回保持される。またこのようにして書込まれたスキヤンデータ S_{in} を読出すとき、スイッチ S_0 、 S_1 をオフ、 S_2 、 S_3 、 S_4 をオンとする。これにより前記の如く巡回保持されているスキヤンデータ S_{in} は保持状態を保ちながらインバータ $IN1$ より出力信号 S_{out} として出力される。このときスキヤンデータ S_{in} はインバータ $IN2$ 、 $IN1$ により反転されるので、 S_{in} の状態が出力されることになる。

なおこれら $S_1 \sim S_4$ をオン・オフ制御する制

御信号 SM 、 \overline{SM} 、 SCK 、 \overline{SCK} は、インバータ $IN10 \sim IN13$ により得られるが、これらの制御信号回路は個別に設ける必要はなく、共通に使用できる。

このようにして制御容易性の悪いラッチは第3図(a)の如く書込み専用スキヤンラッチに構成することができ、確認容易性の悪いところは第3図(b)の如く読出し専用スキヤンラッチに構成することができ、制御容易性も確認容易性も悪いところは第3図(c)の如く書込み・読出しスキヤンラッチに構成することができる。

(発明の効果)

本発明では必要な部分のみスキヤンラッチを挿入することができるので、ゲート数の冗長を最小限度にするとともにダイレイの増加も最小限度に抑制できる。また小ブロック内についてもテストビッティが確保されているので、LSIの外部入力端子、外部出力端子とスキヤンラッチの組合せでテスト可能である。しかもテストデークの作成

特開昭63-134970(8)

時間やテスト時間は第4図(a)に示す非スキャン回路に比較し短縮することができ、効率的なテストが可能となる。

17……判定部

18……設計データ作図保護部

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理図、

第2図は本発明の一実施例、

第3図は本発明で使用するスキャンラッチの例、

第4図は従来例説明図、

第5図はテストの説明図である。

特許出願人 富士通株式会社

代理人弁理士 山谷 晴 榮

1、2、3、4、5、6、7、8……スキャンPP

1'、2'、3'、4'、5'、6'、7'、8'

、9'……通常のPP

11……基本設計データ保持部

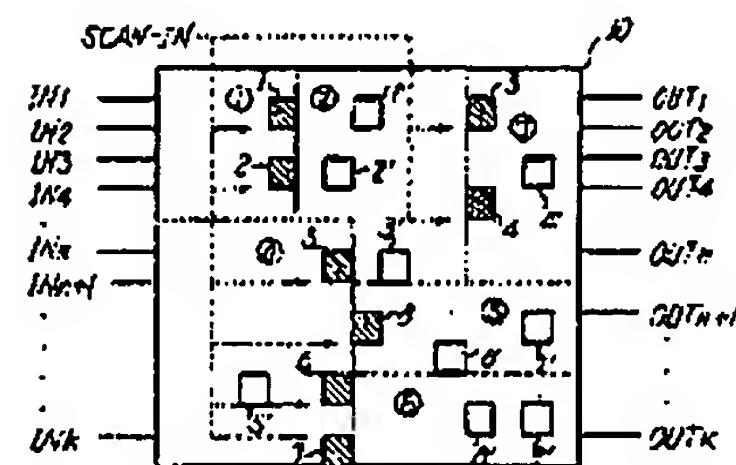
12……故障有無確認容易性演算部

13……制御容易性演算部

14……確認容易性順位判別部

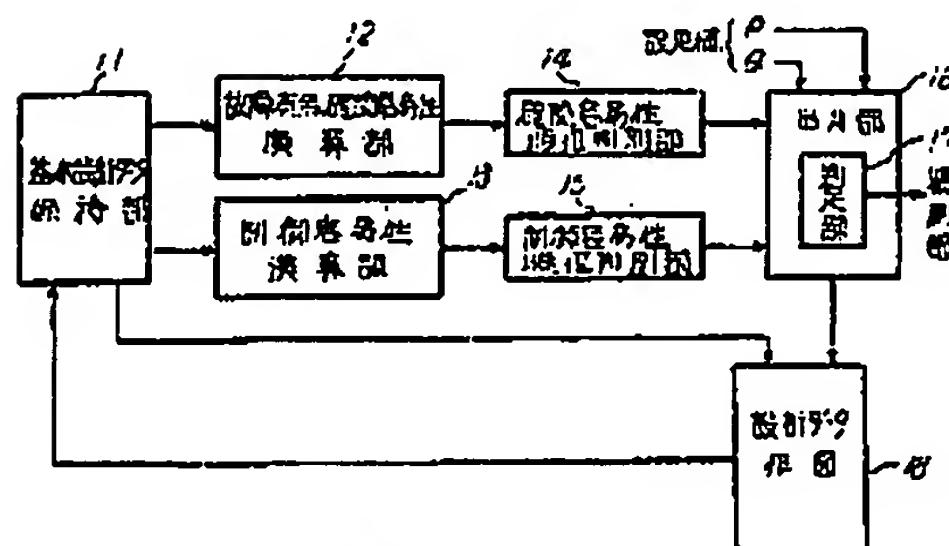
15……制御容易性順位判別部

16……出力部



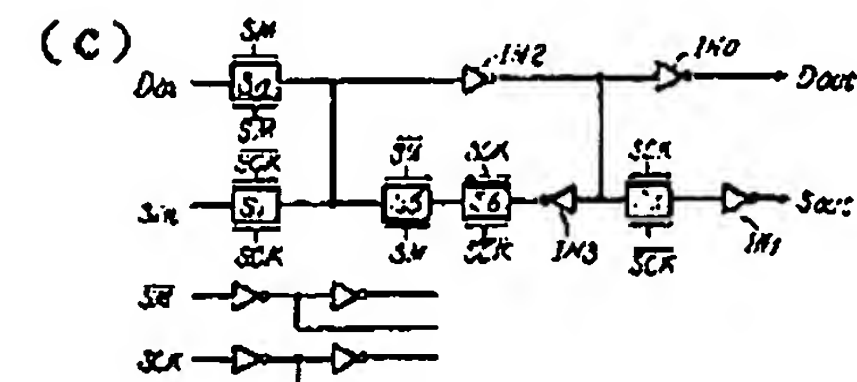
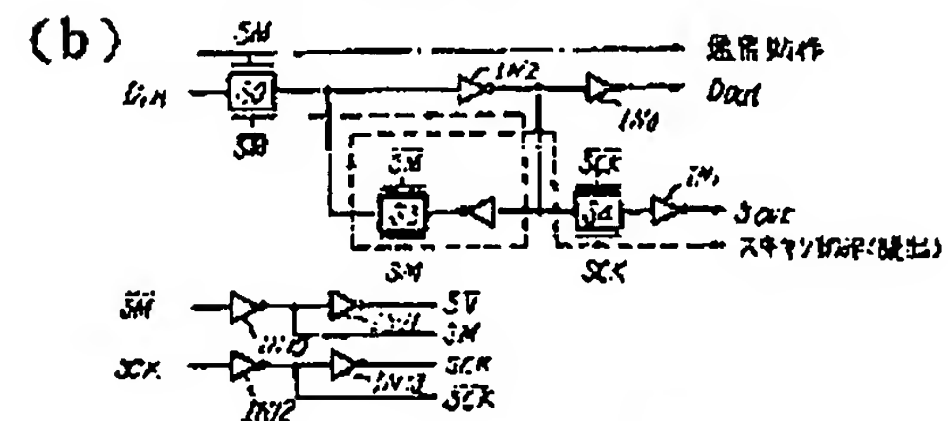
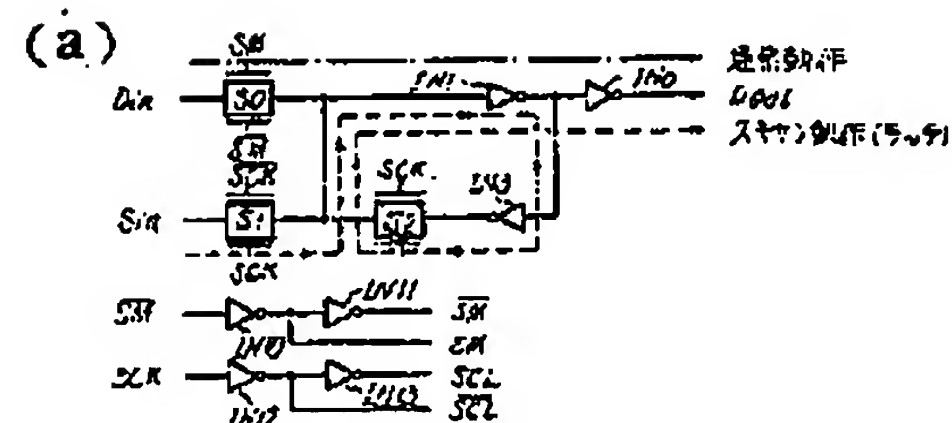
本発明の原理図

第1図



本発明の一実施例

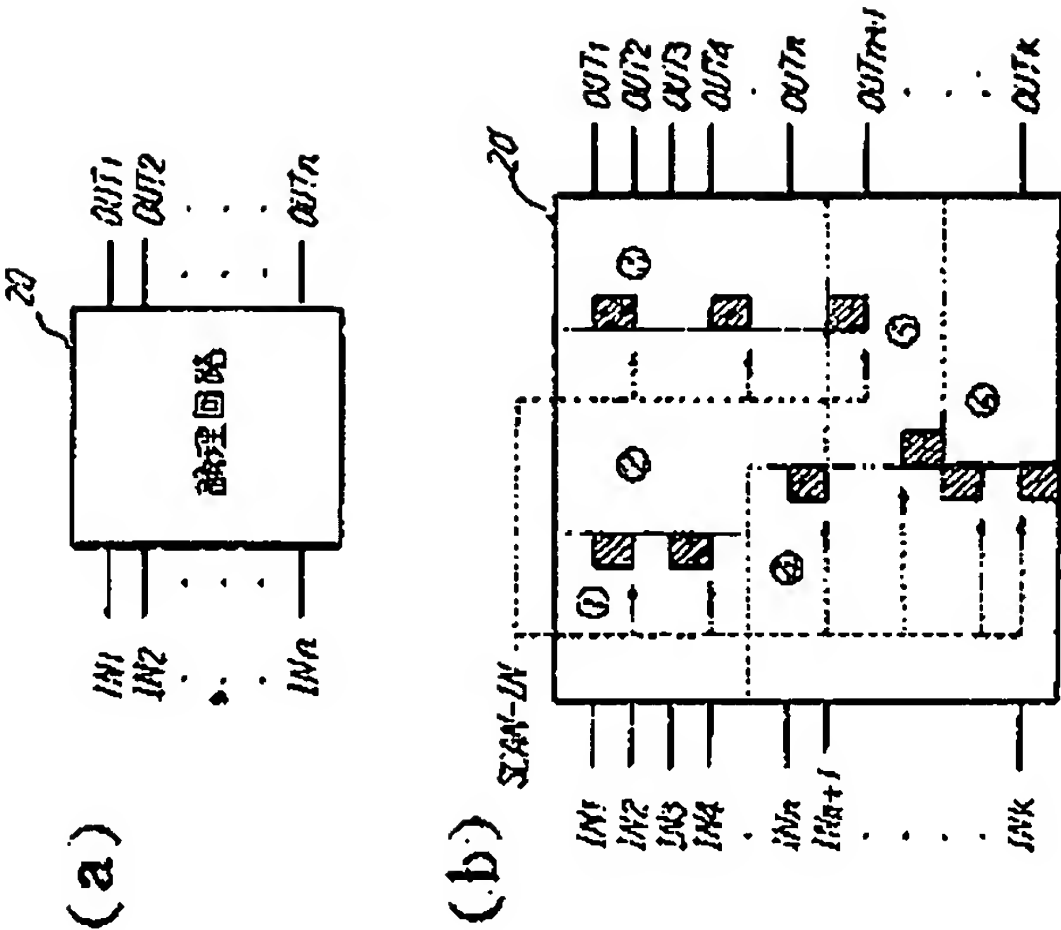
第2図



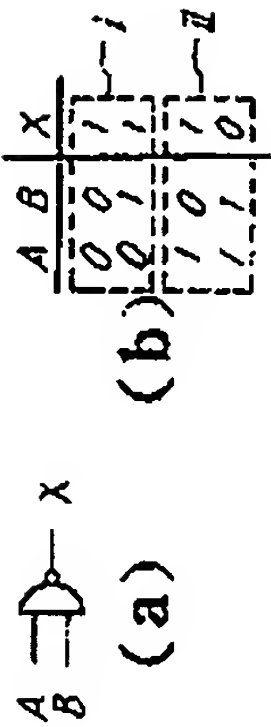
スキャンラッチ

第3図

特開昭63-134970(7)



従来例
第4図



本発明の
第5図